

DIALOG(R) File 347:JAPIO
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05167057 **Image available**
OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

PUB. NO. : 08-122557 [JP 8122557 A]
PUBLISHED: May 17, 1996 (19960517)
INVENTOR(s): AKIBA KENJI
 UETSUKA NAOTO
APPLICANT(s): HITACHI CABLE LTD [000512] (A Japanese Company or
 Corporation), JP (Japan)
APPL. NO. : 06-255345 [JP 94255345]
FILED: October 20, 1994 (19941020)
INTL CLASS: [6] G02B-006/28
JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)

ABSTRACT

PURPOSE: To provide an optical wavelength multiplexer/demultiplexer for wavelength division multiple transmission where the 3dB band width is extended without degrading the crosstalk.

CONSTITUTION: This optical wavelength multiplexer/demultiplexer is provided with a substrate 101, one or plural input waveguides 102 formed on the substrate 101, an input-side slab waveguide 103 which is connected to the input waveguide 102 and has a plane plate structure, an array waveguide diffraction grating 104 which is connected to the input-side slab waveguide 103 and consists of plural channel waveguides 115 to 117 having waveguide length L_i ($i=1, 2, 3, \dots$), an output-side slab waveguide 105 connected to the array waveguide diffraction grating 104, and plural output waveguides 106 to 108 connected to the output-side slab waveguide 105, and a slit 112 is formed in the connection part between the input waveguide 102 and an input-side slab waveguide 103 and on the input waveguide 102 or the input-side slab waveguide 103.

Doc /

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-122557

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl. G02B 6/28

(21)Application number : 06-255345

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 20.10.1994

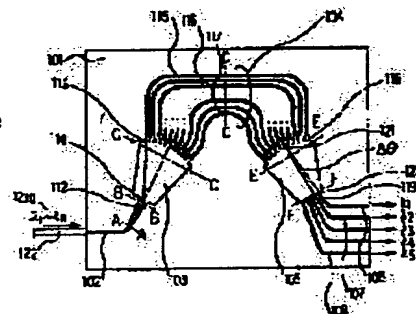
(72)Inventor : AKIBA KENJI
UETSUKA NAOTO

(54) OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical wavelength multiplexer/demultiplexer for wavelength division multiple transmission where the 3dB band width is extended without degrading the crosstalk.

CONSTITUTION: This optical wavelength multiplexer/demultiplexer is provided with a substrate 101, one or plural input waveguides 102 formed on the substrate 101, an input-side slab waveguide 103 which is connected to the input waveguide 102 and has a plane plate structure, an array waveguide diffraction grating 104 which is connected to the input-side slab waveguide 103 and consists of plural channel waveguides 115 to 117 having waveguide length L_i ($i=1, 2, 3, \dots$), an output-side slab waveguide 105 connected to the array waveguide diffraction grating 104, and plural output waveguides 106 to 108 connected to the output-side slab waveguide 105, and a slit 112 is formed in the connection part between the input waveguide 102 and an input-side slab waveguide 103 and on the input waveguide 102 or the input-side slab waveguide 103.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

Doc 1

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-122557

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int. Cl.⁴
G 0 2 B 6/28

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/28

T

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-255345

(22) 出願日 平成6年(1994)10月20日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 秋葉 健次

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 発明者 上塚 尚登

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

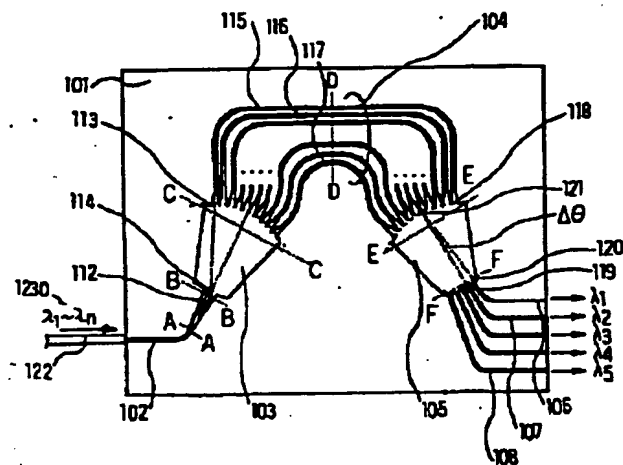
(74) 代理人 弁理士 網谷 信雄

(54) 【発明の名称】 光波長合分波器

(57) 【要約】

【目的】 クロストークが悪化することなく、3 dB 帯域幅が拡大された波長分割多重伝送用の光波長合分波器を提供する。

【構成】 基板101と、基板101上に形成された1本又は複数本の入力導波路102と、入力導波路102に接続され平板構造を有する入力側スラブ導波路103と、入力側スラブ導波路103に接続され導波路長が L_i ($i=1, 2, 3, \dots$) の複数のチャネル導波路115~117からなるアレイ導波路回折格子104と、アレイ導波路回折格子104に接続された出力側スラブ導波路105と、出力側スラブ導波路105に接続された複数本の出力導波路106~108とを備えた光波長合分波器において、入力導波路102と入力側スラブ導波路103との接続部で入力導波路102又は入力側スラブ導波路103上にスリット112を形成したことを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板上に形成された 1 本又は複数本の入力導波路と、該入力導波路に接続され平板構造を有する入力側スラブ導波路と、該入力側スラブ導波路に接続され導波路長が L_i ($i=1, 2, 3, \dots$) の複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、該アレイ導波路回折格子に接続された出力側スラブ導波路と、該出力側スラブ導波路に接続された複数本の出力導波路とを備えた光波長合分波器において、上記入力導波路と上記入力側スラブ導波路との接続部で上記入力導波路又は上記入力側スラブ導波路上にスリットを形成したことを特徴とする光波長合分波器。

【請求項 2】 基板と、該基板上に形成された 1 本又は複数本の入力導波路と、該入力導波路に接続され平板構造を有する入力側スラブ導波路と、該入力側スラブ導波路に接続され導波路長が L_i ($i=1, 2, 3, \dots$) の複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、該アレイ導波路回折格子に接続された出力側スラブ導波路と、該出力側スラブ導波路に接続された複数本の出力導波路とを備えた光波長合分波器において、上記出力導波路と上記出力側スラブ導波路との接続部で上記出力導波路又は上記出力側スラブ導波路上にスリットを形成したことを特徴とする光波長合分波器。

【請求項 3】 上記アレイ導波路回折格子のチャネル導波路の導波路長 L_i ($i=1, 2, 3, \dots$) の導波路長差 ΔL が数 1 式を満たすようにすると共に、

$$[\text{数 1}] \Delta L = \lambda \cdot m / n_{\text{eff}}$$

(但し、 λ : 使用波長、 n_{eff} : 実効屈折率、 m : 正の整数)

上記チャネル導波路を長さの順に配置した請求項 1 又は 2 記載の光波長合分波器。

【請求項 4】 上記アレイ導波路回折格子を構成するチャネル導波路のコア寸法を、使用波長域でシングルモード条件が成り立つような寸法とした請求項 1 から 3 のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項 5】 上記アレイ導波路回折格子を構成する導波路が、上記入出力側スラブ導波路との接続部でその導波路のコア幅が上記入出力側スラブ導波路の方向に緩やかに増加するようなテーパ構造とした請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項 6】 上記入出力側スラブ導波路の端面が、上記アレイ導波路回折格子との接続部で円弧形状であり、上記アレイ導波路回折格子をその円弧形状端面に沿って放射状に配置した請求項 1 から 5 のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項 7】 上記入力導波路及び上記出力導波路の双方又はいずれか一方が上記入出力側スラブ導波路との接続部でコア幅が上記入出力側スラブ導波路の方向に緩やかに変化するテーパ構造とした請求項 1 から 6 のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項 8】 上記スリットが上記入力導波路又は上記出力導波路のコアの中心軸上に、光の進行方向に沿って形成された請求項 1 から 7 のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項 9】 上記スリットの形状が基板の上方からみて上記入出力側スラブ導波路に向かって緩やかに拡大する三角形又は台形状を有している請求項 7 又は 8 記載の光波長合分波器。

【請求項 10】 上記入力導波路又は上記出力導波路で上記スリットが形成された部分のコア幅が、上記シングルモード条件を満たすコア幅の略 1 倍から 3 倍であり、上記スリットの幅はそのコア幅の $1/5$ 倍から $3/5$ 倍の部分を含んでいる請求項 7 から 9 のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、通過帯域が広帯域であるアレイ導波路型光波長合分波器に関する。

【0002】

【従来の技術】 光通信の分野において、複数の信号を異なる波長の光に載せ、1 本の光ファイバで伝送することにより情報容量を拡大する方法（波長分割多重方式）が検討されている。この方法において異なる波長の光を回折格子による合波又は分波を行う合分波器が重要な役割を果たしている。なかでもアレイ導波路回折格子を用いた光波長合分波器は狭い波長間隔で通信容量の多重数を大きくすることができ、有望視されている。

【0003】 また、近年、波長分割多重伝送システムにおいて多重数を増やし伝送容量を飛躍的に増大させようとする試みがなされている。

【0004】 その実現には波長間隔が 1 nm 程度か又はそれ以下の複数の信号光を合波・分波できる合分波器が必要である。

【0005】 しかしながら、従来の回折格子を用いた光波長合分波器では、利用できる回折次数に制限があり、十分な分散が得られないことから、波長間隔を 1 nm 以下にすることができなかった。

【0006】 そこで、アレイ導波路回折格子を用いた方法が提案されている（特開平 4-116607 号、特開平 4-163406 号、特開平 4-22062 号、特開平 4-326308 号、特開平 5-157920 号公報）。

【0007】 図 9 はアレイ導波路回折格子を用いた従来の 1 入力、N 出力の光合分波器の平面図、図 10 (a) は図 9 の A-A 線断面図、図 10 (b) は図 9 の B-B 線断面図、図 10 (c) は図 9 の D-D 線断面図をそれぞれ示している。

【0008】 図 9 及び図 10 において、基板 201 上には、1 本の入力導波路 202 と、入力導波路 202 に接続された入力側スラブ導波路 203 と、入力側スラブ導

10

20

30

40

50

波路203の複数の出力に各々接続されたアレイ導波路回折格子204と、アレイ導波路回折格子204の出力に接続された出力側スラブ導波路205と、出力側スラブ導波路205の出力側に接続されたN本の出力導波路206~208とが形成されている。

【0009】この光波長合分波器は、基板201上にバッファ層209を形成し、このバッファ層209上にバッファ層209よりもわずかに屈折率の高い材料からなる導波路(コア)210を形成し、さらにコア210を、コア210よりもわずかに屈折率の低いクラッド211で埋め込んだものである。

【0010】また、アレイ導波路回折格子204は、長さが ΔL ずつ異なる複数の本のチャネル導波路212~214により構成されている。入力側スラブ導波路203、出力側スラブ導波路205は膜厚方向にのみ閉じ込め効果をもつ平板構造を有している。

【0011】図11は出力用スラブ導波路端面での集光位置と波長との関係を示す図である。

【0012】図9及び図11を参照してアレイ導波路回折格子型波長合分波器の動作原理を説明する。

【0013】波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のN波が多重されている波長多重光2100は、入力導波路202に続く入力側スラブ導波路203において回折効果により広げられた後、さらに入力側スラブ導波路203に続くアレイ導波路回折格子204を構成する複数のチャネル導波路212、…、214内に伝搬され、アレイ導波路回折格子204に接続された出力側スラブ導波路205に導入される。

【0014】ここでアレイ導波路回折格子204に導入された光は、各チャネル導波路212、…、214の長さが異なるために光束の位相がずれる。この位相ずれは波長分散をもつため、出力側スラブ導波路端面2140において、各波長の集光ビーム215、216、…、217はそれぞれ x_1 、 x_2 、 x_3 、…、 x_N に分波することができる。

【0015】図12は集光ビームと導波モードとの関係を示し、図13は出力導波路の波長損失特性を示す図である。図12において横軸は集光位置を示し、縦軸は光強度を示し、図13において横軸は波長を示し、縦軸は損失をそれぞれ示している。

【0016】以下、例として第i出力導波路の波長損失特性について説明する。スラブ導波路端面2140における集光ビーム218はその波長により集光位置xがシフトする。このとき、出力導波路に結合する光強度は、第(i)出力導波路における光219の電界分布と集光ビーム218の電界分布との重畳積分となる。そのため、波長と共に集光位置がシフトすると、徐々に重畳積分の部分220が大きくなり、損失が小さくなる。集光位置がさらにシフトすると、波長 λ_j で最小となり、その後は徐々に大きくなる。そのため、損失波長特性曲線

221は波長 λ_j で最小値をもつような形状となる。

【0017】ここで図13を用いて、以下のように用語を定義する。

【0018】損失が最小となる波長を「中心波長」222、損失が3dB増加したところの帯域幅を「3dB帯域幅」223とする。また、第(i-1)出力導波路の損失波長特性曲線224や第(i+1)出力導波路の損失波長特性曲線225と比較したとき、第(i)出力導波路の使用波長帯域226内における第(i)出力導波路の損失の最小値と、第(i)出力導波路や第(i+1)出力導波路などの他の出力導波路の損失の最小値との差を「クロストーク」227とする。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光波長合分波器は、3dB帯域幅を改善しようすると、クロストークが悪化するという問題があった。

【0020】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、クロストークが悪化することなく、3dB帯域幅が拡大された波長分割多重伝送用の光波長合分波器を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、基板と、基板上に形成された1本又は複数の入力導波路と、入力導波路に接続され平板構造を有する入力側スラブ導波路と、入力側スラブ導波路に接続され導波路長が L_i ($i=1, 2, 3, \dots$)の複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、アレイ導波路回折格子に接続された出力側スラブ導波路と、出力側スラブ導波路に接続された複数の出力導波路とを備えた光波長合分波器において、入力導波路と入力側スラブ導波路との接続部で入力導波路又は入力側スラブ導波路上にスリットを形成したものである。

【0022】上記目的を達成するために本発明は、基板と、基板上に形成された1本又は複数の入力導波路と、入力導波路に接続され平板構造を有する入力側スラブ導波路と、入力側スラブ導波路に接続され導波路長が L_i ($i=1, 2, 3, \dots$)の複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、アレイ導波路回折格子に接続された出力側スラブ導波路と、出力側スラブ導波路に接続された複数の出力導波路とを備えた光波長合分波器において、出力導波路と出力側スラブ導波路との接続部で出力導波路又は出力側スラブ導波路上にスリットを形成したものである。

【0023】上記構成に加え本発明は、アレイ導波路回折格子のチャネル導波路の導波路長 L_i ($i=1, 2, 3, \dots$)の導波路長差 ΔL が数1式を満たすようにすると共に、

【0024】

【数1】 $\Delta L = \lambda \cdot m / n_{\text{eff}}$

(但し、 λ : 使用波長、 n_{eff} : 実効屈折率、 m : 正の

整数)

チャンネル導波路を長さの順に配置したものである。

【0025】上記構成に加え本発明は、アレイ導波路回折格子のチャンネル導波路のコア寸法を、使用波長域でシングルモード条件が成り立つような寸法としたものである。

【0026】上記構成に加え本発明は、アレイ導波路回折格子のチャンネル導波路が、入出力側スラブ導波路との接続部でそのチャンネル導波路のコア幅がスラブ導波路の方向に緩やかに増加するようなテーパ構造としたものである。

【0027】上記構成に加え本発明は、入出力側スラブ導波路の端面が、アレイ導波路回折格子との接続部で円弧形状であり、アレイ導波路回折格子をその円弧形状端面に沿って放射状に配置したものである。

【0028】上記構成に加え本発明は、入力導波路及び出力導波路の双方又はいずれか一方が入出力側スラブ導波路との接続部でコア幅が入出力側スラブ導波路の方向に緩やかに変化するテーパ構造としたものである。

【0029】上記構成に加え本発明は、出力導波路と入出力側スラブ導波路との接続部で出力導波路又はスラブ導波路上にスリットを形成したものである。

【0030】上記構成に加え本発明は、スリットが入力導波路又は出力導波路のコアの中心軸上に、光の進行方向に沿って形成されたものである。

【0031】上記構成に加え本発明は、スリットの形状が基板の上方からみて入出力側スラブ導波路に向かって緩やかに拡大する三角形又は台形形状を有しているものである。

【0032】上記構成に加え本発明は、入力導波路又は出力導波路でスリットが形成された部分のコア幅が、シングルモード条件を満足するコア幅の略1倍から3倍であり、スリットの幅はそのコア幅の1/5倍から3/5倍の部分を含んでいるものである。

【0033】

【作用】上記構成によれば、ガウス分布型の波長多重光が入力導波路に入力すると、スリットで2つに分割された後回折して2つの極大値を有する電界分布が形成される。スリットの幅がコア幅全体の1/5~3/5ある場合には電界分布は完全に分離されず、中央部にリップルをもつような分布となる。

【0034】この波長多重光が入力側スラブ導波路に入力すると、入力側スラブ導波路には横方向（紙面に平行な方向）の閉じ込め効果がないので、回折効果によりスポットサイズが拡大されることになる。このとき遠方における電界分布が、入力したときの電界分布のフーリエ変換となるため、波長の順に広がり入力側スラブ導波路のアレイ導波路格子側端面での電界分布はサイドローブをもつ形状となる。

【0035】このような電界分布をもつ光は、アレイ導

波路回折格子のテーパ部において、複数のチャンネル導波路に低損失で分配される。このとき、アレイ導波路回折格子の電界分布は、個々のチャンネル導波路ではガウス型分布になっている。しかし包絡線の形状は入力側スラブ導波路のアレイ導波路回折格子側端面での電界分布を保存している。アレイ導波路回折格子を構成するチャンネル導波路は、長さがそれぞれ異なっているため、出力側スラブ導波路のアレイ導波路回折格子側端面において、それぞれのチャンネル導波路を通る光の位相が異なる。この位相ずれは波長分散をもつため、出力側スラブ導波路端面において各波長の集光ビームはそれぞれ異なる位置に配置された出力導波路に分波することができる。

【0036】他方、出力側スラブ導波路の出力側導波路端面での電界分布は、波長と共にその集光位置がシフトする。出力導波路に結合する光のパワーは、出力側スラブ導波路の出力側導波路端面での電界分布と出力導波路の電界分布との重畳積分となる。出力側導波路端面での電界分布が中央部にリップルをもつような形状であるため、損失波長特性曲線は中心波長付近で平坦な形状となり、3dB帯域幅が大きくなる。

【0037】

【実施例】以下、本発明の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

【0038】図1は本発明の光波長合成分波器の一実施例の平面図、図2は入力導波路のスリット部拡大図、図3は出力側スラブ導波路の部分拡大図である。図4(a)は図1のA-A線断面図、図4(b)は図1のB-B線断面図、図4(c)は図1のC-C線断面図、図4(d)は図1のD-D線断面図である。

【0039】図1に示す光波長合成分波器は波長間隔 $\Delta\lambda$ の光信号を合成分波するためのアレイ導波路回折格子を用いた光波長合成分波器である。

【0040】図1及び図4(a)~図4(d)に示すように、基板101上に、1本の入力導波路102と、入力導波路102に接続された入力側スラブ導波路103と、入力側スラブ導波路103に接続されたアレイ導波路回折格子104と、アレイ導波路回折格子104に接続された出力側スラブ導波路105と、出力側スラブ導波路105に接続された複数の出力導波路106、107、…、108とが配置されている。

【0041】この光波長合成分波器は、基板101上に、バッファ層109を形成し、このバッファ層109の上にバッファ層109よりもわずかに屈折率の高い材料で導波路（コア）110を形成し、さらにコア110をコア110よりもわずかに屈折率の低いクラッド111で埋め込んだものである。

【0042】入力導波路102は、矩形断面構造をもつチャンネル導波路で、入力側スラブ導波路103の直前において、コア幅が入力側スラブ導波路103に向かって緩やかに拡大するようなテーパ構造を有している。コア

の中心軸上には、基板101の上方から見て台形形状のスリット112が形成されている。このスリット112の幅は、入力側スラブ導波路103に向かって徐々に拡大するように形成されている。

【0043】入力側スラブ導波路103は、横方向に閉じ込め構造がない平板構造である。アレ導波路回折格子104側の端面113は、入力導波路102と入力側スラブ導波路103との接続点に曲率中心114をもつ円弧形状を有している。

【0044】アレ導波路回折格子104は、矩形断面をもつ複数のチャンネル導波路115、116、…、117で構成されている。各チャンネル導波路115、116、…、117の長さは ΔL （一定値）ずつ異なり、長さの順に配置されている。

【0045】ここで、アレ導波路回折格子のチャンネル導波路の導波路長 L_i （ $i=1, 2, 3, \dots$ ）の導波路長差 ΔL は、数1式を満たす。

【0046】

$$\text{【数1】 } \Delta L = \lambda \cdot m / n_{\text{eff}}$$

（但し、 λ ：使用波長、 n_{eff} ：実効屈折率、 m ：正の整数）

また、これらのチャンネル導波路115、116、…、117の寸法は、使用する波長帯域において、シングルモード条件を満たすように設計されている。

【0047】入力側スラブ導波路103の付近では、コアはその幅が入力側スラブ導波路103に向かって緩やかに拡大するようなテーパ構造を有すると共に、コアは入力側スラブ導波路103のアレ導波路回折格子104側の端面113の曲率中心114から放射状に配置されている。

【0048】出力側スラブ導波路105の付近においても、同様にコアはその幅が出力側スラブ導波路105に向かって緩やかに拡大するようなテーパ構造を有すると共に、コアは出力側スラブ導波路105のアレ導波路回折格子側の端面118の曲率中心119から放射状に配置されている。

【0049】出力側スラブ導波路105は、入力側スラブ導波路103と同様に、横方向に閉じ込め構造がない平板構造である。アレ導波路回折格子側の端面118は、出力導波路106、107、…、108と出力側スラブ導波路105との接続面（出力導波路側の端面）120に曲率中心119をもつ円弧形状を有している。また、出力導波路側の端面120は、アレ導波路回折格子側の端面118上に曲率中心121をもつような円弧形状を有している。

【0050】出力導波路106、107、…、108は、矩形断面形状のN本のチャンネル導波路で構成されている。出力導波路106、107、…、108は出力側スラブ導波路105の付近では直線形状をもち、出力導波路側の端面120に沿って、角度 $\Delta \theta$ の間隔で、その

曲率中心121から放射状に配置されている。

【0051】次に実施例の作用を述べる。

【0052】図5(a)～図5(f)は図1に示した光波長合分波器の各導波路における光信号の電界分布を示す図である。図5(a)は図1のA-A線断面図、図5(b)は図1のB-B線断面図、図5(c)は図1のC-C線断面図、図5(d)は図1のD-D線断面図、図5(e)は図1のE-E線断面図、図5(f)は図1のF-F線断面図となっている。

【0053】光ファイバ122からの波長多重光1230は、入力導波路102中を伝搬する。入力導波路102は矩形断面形状のため、入力導波路102での電界分布124は、図5(a)のようなガウス型分布となる。入力導波路102のスリット112では、コアが2つある構造と等価であるため、電界分布125は2つの極大値を有する。但し、スリット112の幅がコア幅全体の $1/5 \sim 3/5$ であるので、電界分布は完全に分離されず、図5(b)に示すように、中央部にリップル126を有する分布となる。

【0054】この波長多重光1230が入力側スラブ導波路103に入力されると、入力側スラブ導波路103には横方向の閉じ込め効果がないので、回折効果によりスポットサイズが拡大されることになる。このとき、遠方における光の電界分布が、入力されたときの光の電界分布のフーリエ変換となることが知られている。そのため、入力側スラブ導波路103のアレ導波路回折格子側の端面113での電界分布127は、図5(c)に示すようなサイドローブ128をもつような形状となる。

【0055】この電界分布127は、アレ導波路回折格子104のテーパ部において、複数のチャンネル導波路115、116、…、117に低損失で分配される。このとき、アレ導波路回折格子104の電界分布129は、図3(d)に示すように個々のチャンネル導波路ではガウス型分布となる。しかし、包絡線130の形状は、入力側スラブ導波路103のアレ導波路回折格子側の端面113での電界分布123を保存している。アレ導波路回折格子104を構成する複数のチャンネル導波路115、116、…、117は長さがそれぞれ異なるために、出力側スラブ導波路のアレ導波路回折格子側の端面118において、それぞれのチャンネル導波路115、116、…、117の位相が異なる。アレ導波路回折格子104の導波路長差を ΔL とすると、隣接するチャンネル導波路間での位相差 ϕ は数2式となり、波長多重光の波長に依存することがわかる。

【0056】

$$\text{【数2】 } \phi = 2\pi n_e \Delta L / \lambda$$

（但し、 n_e はチャンネル導波路の実効屈折率）

数2式を波長 λ で微分すると、数3式となり、位相差の波長依存性は $\delta \phi$ が波長変化 $\delta \lambda$ に比例することがわかる。

【0057】

【数3】 $\delta\phi = -2\pi n_e \Delta L \delta\lambda / \lambda^2$

アレイ導波路回折格子104の各チャネル導波路115、116、…、117の電界分布124は、テーパ部により、一つに結合され、出力側スラブ導波路105に出力される。このとき、各チャネル導波路間で位相差があるため、等位相面131はアレイ導波路回折格子側の端面118に対して傾きを生じる。また、位相差 ϕ が波長依存性をもつため、等位相面131の傾きも波長依存性を持ち、アレイ導波路回折格子104を構成する各チャネル導波路の、円弧上での間隔を s とすると、各波長間($\delta\lambda$)の位相面の傾き $\delta\theta$ は数3式より数4式となる。

【0058】

【数4式】 $\delta\theta = -\tan^{-1} \{ \Delta L \delta\lambda / (s\lambda) \}$
したがって、波長間隔 $\delta\lambda$ の波長多重光 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ は、角度間隔 $\delta\theta$ ずつ異なった方向に伝搬される。

【0059】ここで、出力側スラブ導波路105のアレイ導波路回折格子側の端面118での電界分布132は、位相面は傾いているものの、入力側スラブ導波路103のアレイ導波路回折格子側の端面113での電界分布127と同じ形状となる。また、出力側スラブ導波路105のアレイ導波路回折格子側の端面118が、円弧形状であり、その曲率中心119が出力側スラブ導波路105の出力導波路側の端面120上にあるため、波長多重光 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ はそれぞれ、出力側スラブ導波路105の出力導波路側の端面120に集光される。このとき、出力側スラブ導波路105のアレイ導波路回折格子側の端面118での電界分布132が図5(e)に示すようなサイドローブ133をもつ形状であるため、出力導波路側の端面120での電界分布134は、図5(f)に示すように中央にリップル1350を有するような分布となる。また、集光位置は波長毎に異なっている。

【0060】さらに、出力導波路側の端面120での電界分布134は、出力導波路側の端面120に、曲率中心121を中心に、角度間隔 $\Delta\theta$ で配置された出力導波路106、107、…、108に入力される。

【0061】図6(a)は、出力側スラブ導波路の出力導波路側端面での電界分布と、出力導波路の電界分布との関係を示す図であり、図6(b)は損失波長特性を示す図である。

【0062】以下図6(a)、(b)を参照して損失波長特性を説明する。

【0063】出力側スラブ導波路105の出力導波路側端面120での電界分布134は、前述したように波長と共にその集光位置がシフトする。出力導波路106、107、…、108に結合する光のパワーは、出力導波路側端面120での電界分布134と出力導波路の電界分布135との重畳積分136となる。

【0064】ここで、出力導波路側端面120での電界分布134が中央部分にリップルをもつような形状であるため、損失波長特性曲線137は中心波長138付近で平坦な形状となり、3dB帯域幅139も大きくなる。

【0065】図7は、図1に示した光波長合分波器の波長損失特性を示す図である。

【0066】同図において横軸は波長を示し、縦軸は損失を示している。

【0067】中心波長間隔140は約1.0nmである。このとき、3dB帯域幅141は0.8nmと従来の3dB帯域幅の約2倍となった。

【0068】ここで、最適条件について述べる。

【0069】図8(a)は図1に示した光波長合分波器の入力導波路のスリット幅とコア幅との比と3dB帯域幅との関係を示す図であり、横軸がスリット幅 g /コア幅 w を示し、縦軸は3dB帯域幅/波長間隔を示している。図8(b)～図8(d)は波長と損失との関係を示す図であり、横軸が波長を示し、縦軸が損失を示している。

【0070】図8(a)に示すように3dB帯域幅は、入力導波路のコア幅 w に占めるスリット幅 g に伴って大きくなる。すなわちスリット幅 g が狭いと損失特性曲線の中心付近が急峻となり(図8(a)、(b))、スリット幅 g が大きくなりすぎると損失特性曲線の中心付近でリップルが大きくなり、3dB帯域幅は急激に小さくなる(図8(a)、(d))。

【0071】スリット幅 w が10 μ mのときは、コア幅 g /スリット幅 $w=0.4$ (スリット幅4 μ m)で3dB帯域幅/波長間隔は0.8で最大となる(図8(a)、(c))。他のコア幅 w については、極大となる位置が多少変化するが、傾向は同じであり、 $0.2 < g/w < 0.6$ の範囲にある。

【0072】以上において本実施例によれば、波長間隔に対する3dB帯域幅を大きくすることができ、光源の波長変動に対する損失変動を低減することができる。そのため、光源の波長制御が容易となり、波長多重を利用した光通信システムが効率的に利用できる。すなわち、クロストークが悪化することなく、3dB帯域幅が拡大された波長分割多重伝送用の光波長合分波器を実現することができる。

【0073】尚、本実施例の光波長合分波器はガラス基板に形成したものであるが、これに限定されるものではなく半導体基板等にも形成することができる。また、コア、クラッド、バッファ層についてもガラス系の材料だけでなく半導体材料等、光学系的に透明な材料を用いて形成してもよい。さらに入力導波路に形成したスリットを出力導波路側に形成してもよい。

【0074】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、次のよう

な優れた効果を発揮する。

【0075】チャンネル導波路と入出力側スラブ導波路との接続部でチャンネル導波路又は入出力側スラブ導波路上にスリットを形成したので、クロストークが悪化することなく、3 dB帯域幅が拡大された波長分割多重伝送用の光波長合分波器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】波長間隔 $\Delta\lambda$ の光信号を合分波するためのアレイ導波路回折格子を用いた光波長合分波器である。

【図2】入力導波路のスリット部拡大図である。

【図3】出力側スラブ導波路の部分拡大図である。

【図4】(a)は図1のA-A線断面図、(b)は図1のB-B線断面図、(c)は図1のC-C線断面図、(d)は図1のD-D線断面図である。

【図5】(a)～(f)は図1に示した光波長合分波器の各導波路における光信号の電界分布を示す図である。

【図6】(a)は、出力側スラブ導波路の出力導波路側端面での電界分布と、出力導波路の電界分布との関係を示す図であり、(b)は損失波長特性を示す図である。

【図7】図1に示した光波長合分波器の波長損失特性を示す図である。

【図8】(a)は図1に示した光波長合分波器の入力導

波路のスリット幅とコア幅との比と3 dB帯域幅との関係を示す図であり、(b)～(d)は波長と損失との関係を示す図である。

【図9】アレイ導波路回折格子を用いた従来の1入力、N出力の光合分波器の平面図である。

【図10】(a)は図9のA-A線断面図、(b)は図9のB-B線断面図、(c)は図9のD-D線断面図をそれぞれ示している。

【図11】出力用スラブ導波路端面での集光位置と波長との関係を示す図である。

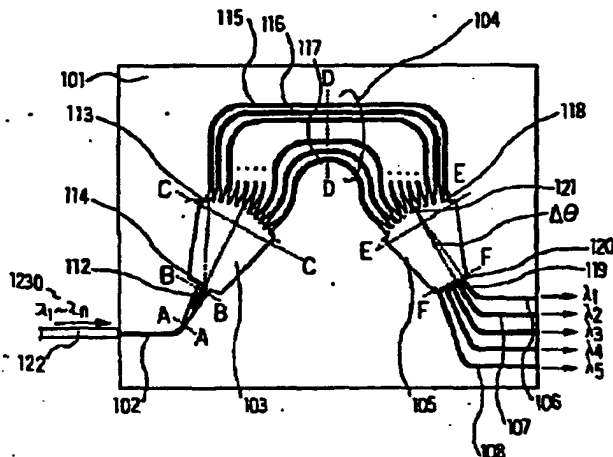
【図12】集光ビームと導波モードとの関係を示す図である。

【図13】出力導波路の波長損失特性を示す図である。

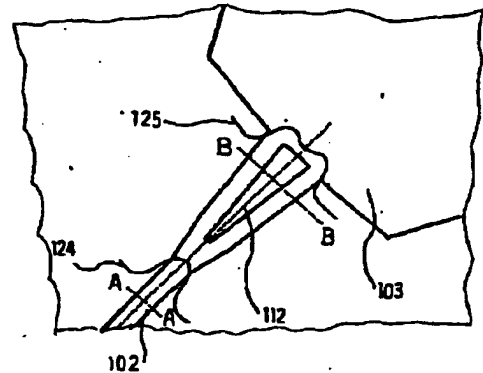
【符号の説明】

- 101 基板
- 102 入力導波路
- 103 入力側スラブ導波路
- 104 アレイ導波路回折格子
- 105 出力側スラブ導波路
- 106～108 出力導波路
- 112 スリット
- 115～117 チャンネル導波路

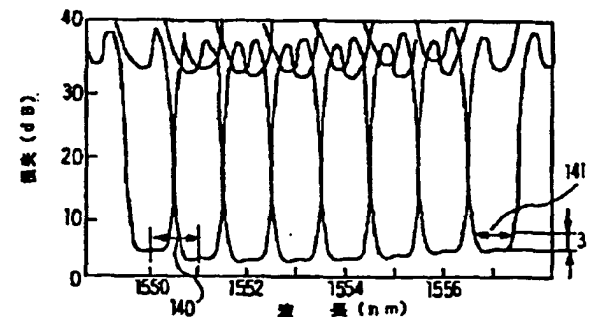
【図1】



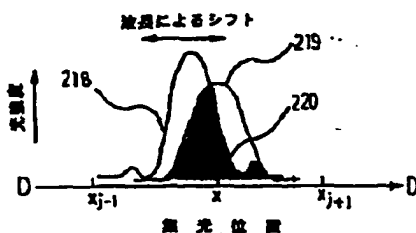
【図2】



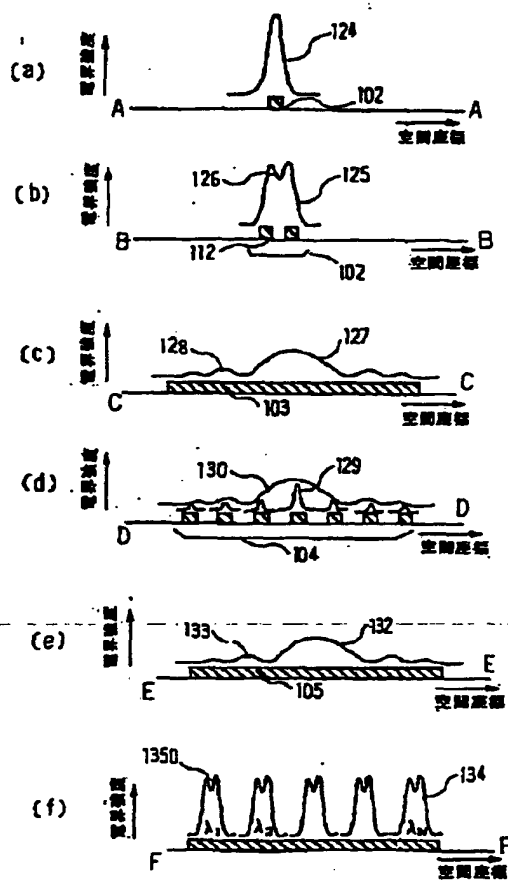
【図7】



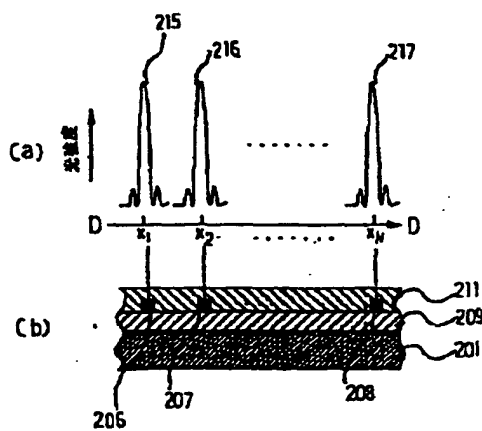
【図12】



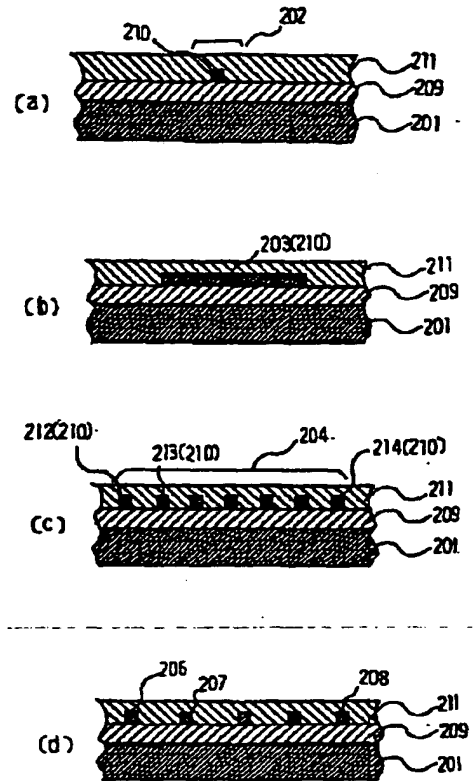
【図 5】



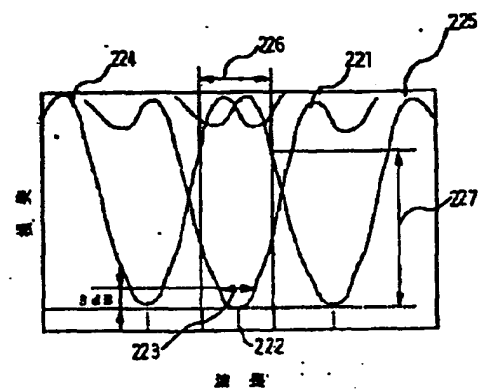
【図 11】



【図 10】



【図 13】



【手続補正書】

【提出日】平成7年1月9日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】 図9はアレイ導波路回折格子を用いた従来の1入力、N出力の光合分波器の平面図、図10

(a)は図9のA-A線断面図、図10(b)は図9のB-B線断面図、図10(c)は図9のC-C線断面図、図10(d)は図9のD-D線断面図をそれぞれ示

している。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】 (a)は図9のA-A線断面図、(b)は図9のB-B線断面図、(c)は図9のC-C線断面図、(d)は図9のD-D線断面図をそれぞれ示している。